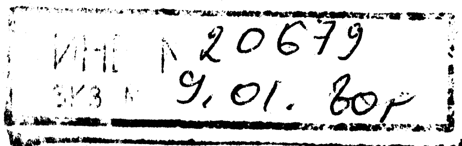



"Проверен в 1989г. Срок действия продлен до 01.07.93г. На замене не отражается"

(5)

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

с 1.07.80

34 28.01.80

# МИКРОСБОРКИ КОРПУСНЫЕ. КОНСТРУИРОВАНИЕ

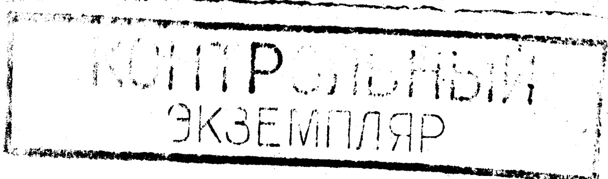
## Обеспечение тепловых режимов

ОСТ4 ГО.073.203

Редакция 1-79

Проверен в 1984г. Срок действия продлен до 1 июля 1990

Издание официальное




1979

Заменен РД 107.460 009.009-91 (указ. 95г).

УДК 621.3.049.77.~~017.7.001.2:681.3~~ 001.2

ИНВ. № 20 679 Группа Э02 (2)

ЭКЗ № 9. 01 1980 г.

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

МИКРОСБОРКИ КОРПУСНЫЕ.

КОНСТРУИРОВАНИЕ

Обеспечение тепловых режимов

ОСТ4 Г0.073.203

Редакция I-79

Директивным письмом организации п/я Г-4227 от "25" мая 1979 г. №017-107/к/986 срок действия установлен с I июля 1980 г. до I июля 1985 г.

Настоящий стандарт распространяется на корпусные микросборки по ~~ОСТ4 Г0.010.214~~. ОСТ 107.460084.200-88 (4)

Стандарт устанавливает совокупность требований, выполнение которых при проектировании топологии обеспечивает заданный тепловой режим, а также методику расчета температур элементов и компонентов микросборки. (4)

Основные термины стандарта соответствуют ~~ГОСТ 17021-75~~. ГОСТ 26975-86 ~~ОСТ 410.070.210-79~~ (2)

ГР8224299

от 24.10.81 (2)

Издание официальное

Перепечатка воспрещена

★

# I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Обеспечение заданного теплового режима микросборки при проектировании осуществляют после выбора конструктивно-технологического исполнения по черт. I в следующей последовательности:

оценивают тепловой режим микросборки на этапе эскизного проектирования;

устанавливают требования к разработке топологии, при соблюдении которых обеспечивается заданный тепловой режим микросборки;

рассчитывают температуры элементов и компонентов микросборки по программе, приведенной в обязательном приложении I, или по методике, приведенной в разделе 4; погрешность расчета температур элементов и компонентов микросборки по методике, приведенной в разделе 4, до I5%, по программе, приведенной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении I, до I0%.

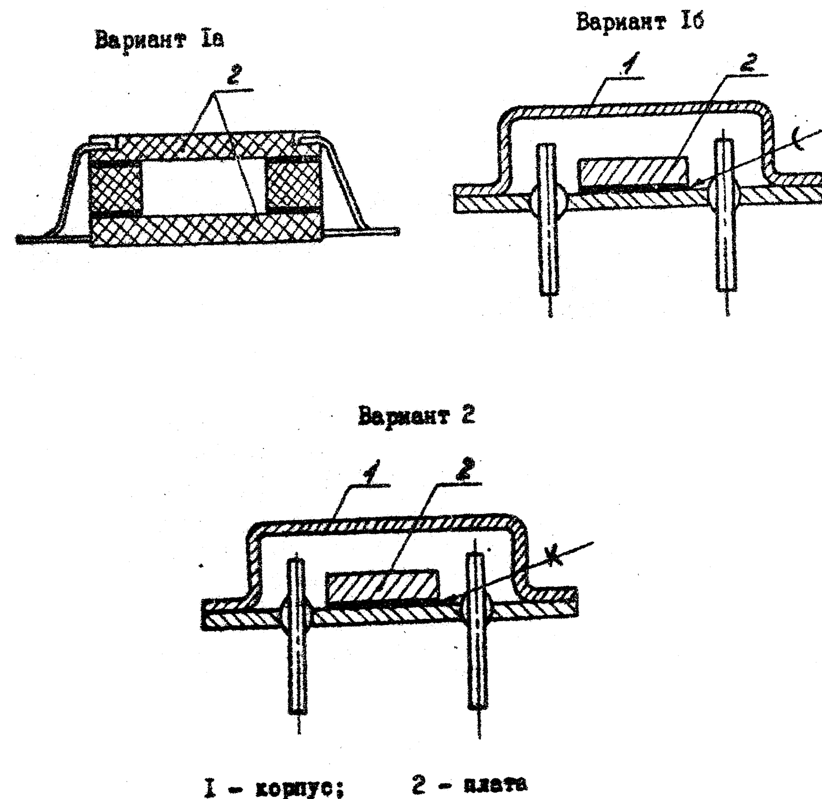
I.2. Исходными данными для оценки теплового режима микросборки являются:

вариант конструктивно-технологического исполнения микросборки, определяемый в зависимости от способа крепления платы к корпусу (см.черт.I);

обозначение типовой конструкции корпуса микросборки или



Конструктивно-технологическое исполнение микросборок




Черт.I

(4)

ОСТ 107.460084.200-88

типовой сборки по ~~ОСТ4 ГО.010.214~~ (табл.I);

толщина платы $h_п$, м;

толщина слоя клея между платой и корпусом микросборки $h_к$,

(4)

коэффициент теплопроводности материала платы $\lambda_п$, Вт/(м·°С). (значения $\lambda_п$ по ~~ОСТ4 ГО.010.214~~); ОСТ 107.460084.200-88

коэффициент теплопроводности клея $\lambda_к$, Вт/(м·°С) (значения $\lambda_к$ по ОСТ4 ГО.029.204);

суммарная мощность, рассеиваемая микросборкой, $P$, Вт;

температура корпуса микросборки $t_к$, °С.

Примечание. В технически обоснованных случаях допускается рассчитывать температуру корпуса микросборки $t_к$ по формуле

$$t_к = t_э - K_3 \cdot P, \quad (1)$$

где $t_э$ – температура поверхности микросборки по ОСТ4 ГО.012.032;

$K_3$ – коэффициент, учитывающий неизотермичность поверхности микросборки (табл.I), °С/Вт.

площадь платы микросборки $S_п$, м²;

максимально допустимая температура пленочных резисторов $t_{R max доп}$, °С;

максимально допустимая температура компонента $t_{н max доп i}$, °С;

мощность, рассеиваемая компонентом, $P_{нi}$, Вт;

тепловое сопротивление компонент–плата микросборки $R_{ТКi}$, °С/Вт;

размеры компонента с прямоугольным основанием $l_{xнi}, l_{yнi}$, м;



Таблица I

| Обозначение типовой конструкции корпуса или сборки | $\lambda_п$, Вт/(м·°С) | Значения коэффициентов, °С/Вт | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ |
| I51.I5, I51.2I, I52.I5, I52.2I | I,46 | 29 | II,0 | 7,5 |
| | ≥I3,40 | I7 | 5,I | |
| I53.I5, I53.I7, I53.23, I54.I5, I54.I7, I54.23 | I,46 | 27 | 8,2 | 7,5 |
| | ≥I3,40 | I8 | 4,7 | |
| I55.I5, I55.23, I55.29, I56.I5, I56.23, I56.29 | I,46 | 22 | 6,9 | 7,0 |
| | ≥I3,40 | I7 | 4,6 | |
| I57.29, I58.29 | I,46 | 24 | 7,I | 4,5 |
| | ≥I3,40 | I9 | 5,3 | |
| I59.49, I60.49 | I,46 | 27 | 7,4 | 4,5 |
| | ≥I3,40 | 22 | 6,I | |
| 422-48-I, 422-48-2, 422-48-3 | ≥I3,40 | I7 | 5,0 | - |

размеры компонента с круглым основанием, приведенным к равновеликому квадрату, $l_{xHi}$ и $l_{yHi}$, определяемые по формуле

$$l_{xHi} = l_{yHi} = 0{,}886 \cdot D_{Hi}\,, \qquad (2)$$

где $D_{Hi}$ – диаметр основания компонента, м.

I.3. Исходными данными для определения требований к разработке топологии микросборки, при соблюдении которых обеспечивается заданный тепловой режим, и для расчета температур элементов и компонентов микросборки являются:

(1) данные, приведенные в п. I.2; ОСТ107.460084-200-88

(2) варианты установки компонентов по ~~ОСТ4 ГО.010.043~~ 220;

количество элементов и компонентов в микросборке $N$;

длина и ширина платы микросборки $DX$ и $DY$, м;

мощность, рассеиваемая элементом или компонентом микросборки, $P_i$, Вт;

координаты центра элемента или компонента микросборки (черт.2) $X_i$, $Y_i$, м;

размеры элемента или компонента микросборки с прямоугольным основанием (см.черт.2) $l_{xi}$, $l_{yi}$, м;

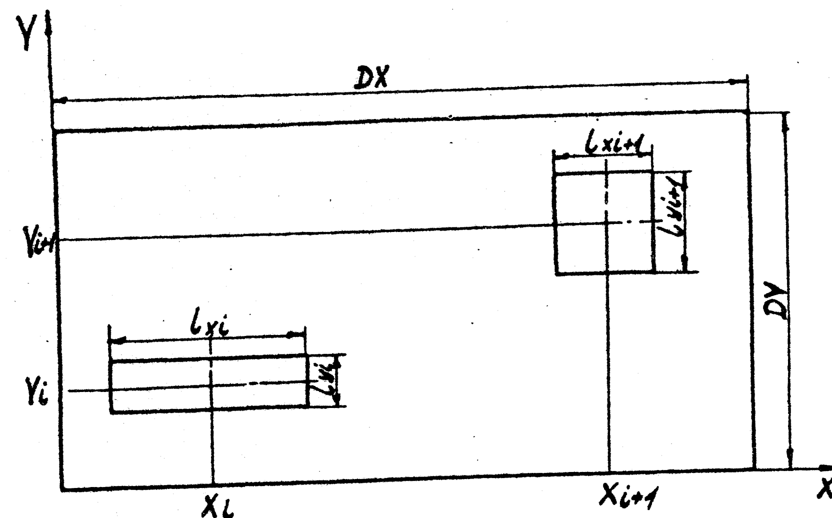
размеры элемента или компонента микросборки с круглым основанием, приведенным к равновеликому квадрату, $l_{xi}$, $l_{yi}$, определяемые по формуле

$$l_{xi} = l_{yi} = 0{,}886 \cdot D_i\,, \qquad (3)$$

где $D_i$ – диаметр основания элемента или компонента микросборки, м.



Определение координат центров и размеров элементов и компонентов микросборки




Черт. 2

## 2. ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МИКРОСБОРОК

2.I. Определяют коэффициент $r_T$ по формулам:

для конструкций вариантов Iа, Iб (см.черт. I)

$$r_T = \frac{h_п}{\lambda_п} \ ; \qquad (4)$$

для конструкций варианта 2 (см. черт. I)

$$r_T = \frac{h_п}{\lambda_п} + \frac{h_к}{\lambda_к} \ . \qquad (5)$$

2.2. Оценивают максимальную температуру поверхности микросборки $t_{э max}$ по формуле

$$t_{э max} = t_к + P \cdot [K_1 + K_3 - K_2 \cdot lg(S_п \cdot 10^5)] , \qquad (6)$$

где $K_1, K_2, K_3$ – коэффициенты, учитывающие неизотермичность поверхности микросборки (табл.I), °С/Вт.

Примечание. Для конструкций варианта Iа (см.черт.I) за величину $S_п$ принимают суммарную площадь обеих плат, используемую для размещения элементов и компонентов микросборки.

2.3. Оценку максимально допустимой удельной мощности рассеяния на поверхности платы при произвольном размещении элементов и компонентов микросборки $W_0'$ производят по формуле

$$W_0' = \min_{} \left\{ \frac{t_{R max доп} - t_{э max}}{r_T} , \frac{t_{н max доп i} - t_{э max} - \Delta\vartheta_{н max}}{r_T} \right\} , \qquad (7)$$

где

$$\Delta\vartheta_{н max} = \max_i \{ \Delta\vartheta_{нi} \} , \qquad (8)$$

$\Delta\vartheta_{нi}$ – перепад температур на тепловом сопротивлении компонент-плата микросборки $i$ -го компонента,



$$\Delta\vartheta_{нi} = P_{нi} \cdot R_{Tкi} \ . \qquad (9)$$

2.4. Определяют максимальную удельную мощность рассеяния на основании компонентов $W_{н max}$ по формуле

$$W_{н max} = \max_i \left\{ \frac{P_{нi}}{l_{xнi} \cdot l_{yнi}} \right\} . \qquad (I0)$$

2.5. Если $W_{н max} \le W_0'$ и при проектировании топологии максимально допустимая удельная мощность рассеяния пленочных резисторов $W_{R max}$ выбрана из условия $W_{R max} \le W_0'$, то заданный тепловой режим обеспечивается при произвольном размещении элементов и компонентов микросборки.

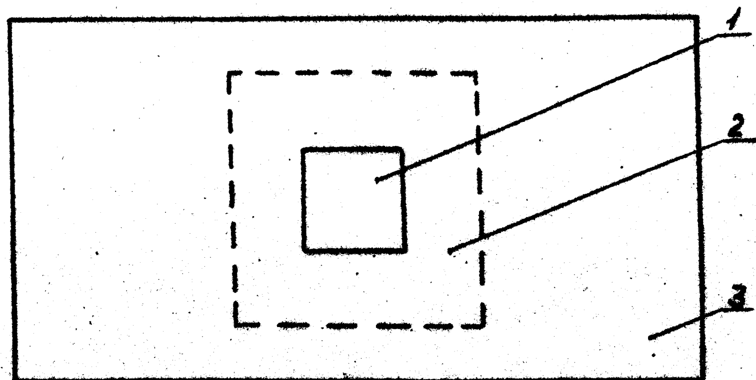
2.6. Если $W_{н max} > W_0'$ или (и) $W_{R max} > W_0'$ , то для обеспечения заданного теплового режима необходимо руководствоваться требованиями раздела 3.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ТОПОЛОГИИ

3.I. Для обеспечения заданного теплового режима при $W_{н max} > W_0'$ или (и) $W_{R max} > W_0'$ необходимо определить максимально допустимую удельную мощность рассеяния на поверхности платы $W_0''$ при наличии зон защиты (черт.3) и определить размеры зон защиты (черт.4).

Примечание. Зоны защиты – это свободные от тепловыделяющих элементов и компонентов части поверхности платы, окружающие один или несколько компонентов микросборки и предназначенные для ослабления теплового влияния на них остальных элементов и компонентов микросборки.

Зона защиты компонента

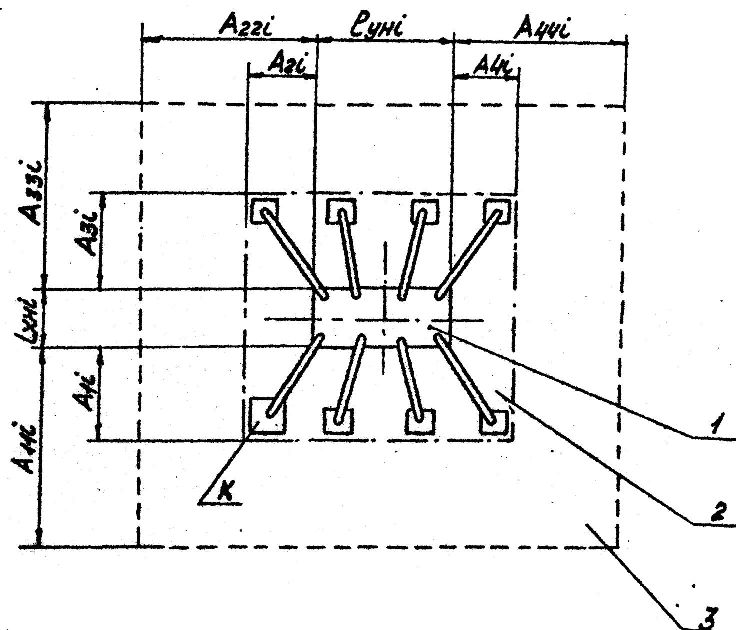



I - компонент; 2 - область на плате, занимаемая зоной защиты; 3 - область расположения тепловыделяющих элементов и компонентов

Черт. 3



Схема расположения зоны защиты $i$ -го компонента




I - компонент; 2 - установочное место компонента на плате; 3 - зона защиты; К - "ключ";

$l_{xнi}, l_{yнi}$ - размеры компонента, ориентированные относительно "ключа";

$A_{1i}, A_{2i}, A_{3i}, A_{4i}$ - расстояния от границ $i$-го компонента до границ установочного места;

$A_{11i}, A_{22i}, A_{33i}, A_{44i}$ - размеры зоны защиты-

Черт. 4

3.2. Рассчитывают величину $W_0''$ по программе, приведен-
(2) ной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении 2.

3.3. Выбирают величину максимально допустимой удельной мощности рассеяния пленочных резисторов $W_{R max}$ из условия $W_{R max} \leq W_0''$.

(2) (4) 3.4. Выбирают по ~~ОСТ4 ГО.010.043~~ ОСТ 107.460084.200-88 варианты установки компонентов на плату.

3.5. Определяют расстояния от границ $i$ -го компонента до границ установочного места этого компонента на плате $A_{1i}$, $A_{2i}$, $A_{3i}$, $A_{4i}$ (см.черт 4) в последовательности от "ключа" по часовой стрелке.

Примечание. Под установочным местом понимается область, включающая в себя компонент и его контактные площадки.

3.6. Рассчитывают размеры зоны защиты $i$ -го компонента $A_{11i}$, $A_{22i}$, $A_{33i}$, $A_{44i}$ в последовательности от "ключа" по часовой стрелке (см.черт.4) при выбранной $W_{R max}$ по прог-
(2) рамме, приведенной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении 2.

3.7. Заданный тепловой режим микросборки обеспечен, если при проектировании топологии взяты размеры зон защиты, равные или превышающие значения, рассчитанные по п.3.6, и выполнено условие $W_{R max} \leq W_0''$.

3.8. Если требования п.3.7 не выполнены, то необходимо проверить соответствие температур элементов и компонентов микросборки $t_i$ заданному тепловому режиму

$$t_i \leq t_{i\,max\,доп}, \qquad (11)$$

где $t_i$ – температура $i$-го элемента или компонента микросборки, рассчитываемая по программе, приведенной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении I, или по методике, приведенной в разделе 4;

$t_{i\,max\,доп}$ – максимально допустимая температура $i$-го элемента или компонента, °С.

3.9. Если условие (II) не выполняется, то необходимо откорректировать $W_{\ell max}$ в соответствии с п.3.3, после чего произвести повторный расчет размеров зон защиты по п.3.6. (2)

3.10. Пример обеспечения теплового режима микросборки приведен в справочном приложении ~~10~~ 9. (2)

## 4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУР ЭЛЕМЕНТОВ И КОМПОНЕНТОВ МИКРОСБОРОК

4.1. Приведенная методика предназначена для расчета температур элементов и компонентов, расположенных на поверхности платы микросборки.

4.2. Выбирают по табл. 2 и справочным приложениям 3–7 график для определения функции зависимости $FA$ от $q$ и $r$ или строят его в соответствии с массивом значений функции $FA$, рассчитанным по программе, приведенной в обязательном приложении 8, если параметры платы и клея отличаются от приведенных в табл. 2.

Таблица 2

| Варианты конструктивно-технологического исполнения (см.черт.I) | $h_n \cdot 10^3$, м | $\lambda_n$, Вт/(м·°С) | $h_k \cdot 10^3$, м | $\lambda_k$, Вт/(м·°С) | Номер приложения |
|---|---|---|---|---|---|
| Iа | I,2 | I3,40 | – | – | 2 |
| Iб | 0,5 | 29,20 | – | – | 3 |
| 2 | 0,6 | I,46 | 0,2 | 0,30 | 4 |
| | | | | ≥0,65 | 5 |
| | 0,5 | I3,40 | | 0,90 | 6 |

4.3. Для каждого тепловыделяющего элемента и компонента определяют величины $S_{oi}, \omega_{oi}, W_i$ по формулам:

$$S_{oi} = \frac{l_{xi}}{2}; \quad \omega_{oi} = \frac{l_{yi}}{2}; \tag{I2}$$

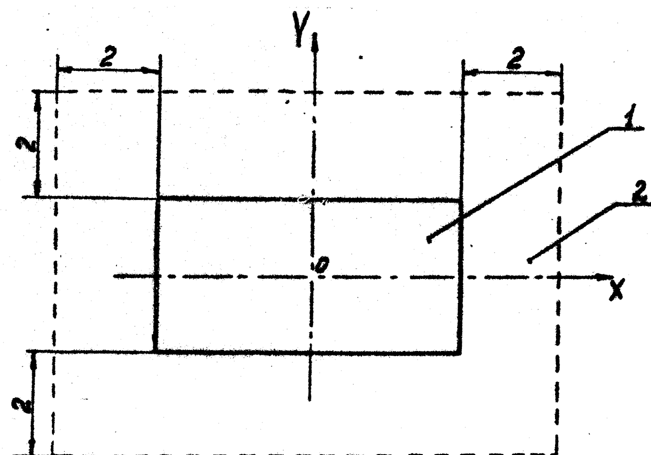
$$W_i = \frac{P_i}{l_{xi} \cdot l_{yi}}. \tag{I3}$$

4.4. На чертеже топологии микросборки для каждого тепловыделяющего элемента и компонента на расстоянии 2 мм от его границ вычерчивают зону влияния данного элемента или компонента на соседние (черт.5).

4.5. Для каждого тепловыделяющего элемента и компонента определяют величину $\vartheta_i'$,



Зона влияния тепловыделяющего элемента или компонента




I – тепловыделяющий элемент или компонент;

2 – зона влияния

Черт.5

$$\vartheta_i' = W_i \cdot FA(S_{oi}, \omega_{oi}), \qquad (14)$$

где $FA(S,\omega) = FA(q,r)$ при $q = min\{S,\omega\}, r = max\{S,\omega\}$. (15)

4.6. Для каждого тепловыделяющего элемента и компонента, зоны влияния которых более чем на 0,001 м выходят за края платы (черт.6), определяют величину $\vartheta_i''$

$$\vartheta_i'' = 0{,}5 \cdot W_i \cdot \Big[\pm \sum_{m=1}^{2} sgn(S_{mi}) \cdot FA(|S_{mi}|, \omega_{oi}) \pm \sum_{n=1}^{2} sgn(\omega_{ni}) \cdot FA(S_{oi}, |\omega_{ni}|) + 0{,}5 \cdot \sum_{m=1}^{2}\sum_{n=1}^{2} sgn(S_{mi} \cdot \omega_{ni}) \cdot FA(|S_{mi}|, |\omega_{ni}|)\Big], \qquad (16)$$

где $sgn$ – знак (сигнум) $\alpha$,

$\alpha$ – аргумент функции $sgn$.

$$sgn(\alpha) = \begin{cases} +1 & \text{при } \alpha > 0 \\ 0 & \text{при } \alpha = 0 \\ -1 & \text{при } \alpha < 0, \end{cases} \qquad (17)$$

$$S_{mi} = S_{oi} + (-1)^{m+1} \cdot (2B_{1i} + 2S_{oi}), \qquad (18)$$

$$\omega_{ni} = \omega_{oi} + (-1)^{n+1} \cdot (2B_{2i} + 2\omega_{oi}), \qquad (19)$$

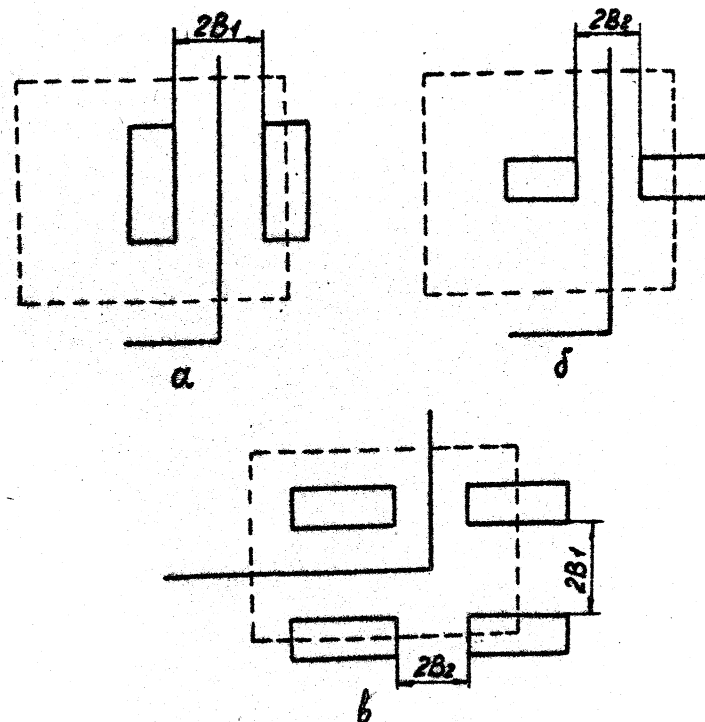
$B_{1i}, B_{2i}$ – расстояния от края $i$-го элемента или компонента до края платы (см.черт.6).

В формуле (16) знак "минус" соответствует конструкциям варианта Iа (см.черт.I), а остальным конструкциям соответствует знак "плюс".

Примечание. Если $B_{2i} > (0{,}002 - \omega_{oi})/2$, то достаточно рассчитать первый член в формуле (16), если $B_{1i} > (0{,}002 - S_{oi})/2$ – второй, а если выполняются оба неравенства, то $\vartheta_i'' = 0$.



К расчету величины $\vartheta_i''$




Зона влияния показана пунктиром

Черт. 6

4.7. Для каждого $i$ -го тепловыделяющего элемента и компонента определяют перегревы $\vartheta_{ij}$, создаваемые им на остальных $j$-х элементах и компонентах микросборки.

4.7.I. Если $i$ -й и $j$ -й элементы или компоненты имеют общую область на поверхности платы (черт. 7 а), тогда $\vartheta_{ij} = \vartheta_i'$, где $\vartheta_i'$ определяется по формуле (I4).

4.7.2. Если центр $j$ -го элемента или компонента входит в зону влияния $i$ -го элемента или компонента (черт. 7 б) и $W_i / W_j < 2$, тогда $\vartheta_{ij}$ определяют по формуле

$$\vartheta_{ij} = 0{,}25 \cdot W_i \sum_{m=1}^{2} \sum_{n=1}^{2} sgn(s_{mi}' \cdot \omega_{ni}') \cdot FA(|s_{mi}'|, |\omega_{ni}'|), \quad (20)$$

где

$$s_{mi}' = s_{oi} + (-1)^{m+1} \cdot |X_{цij}|, \quad (21)$$

$$\omega_{ni}' = \omega_{oi} + (-1)^{n+1} \cdot |Y_{цij}|, \quad (22)$$

$X_{цij}, Y_{цij}$ – определяются по черт. 7.

4.7.3. Если $j$ -й элемент или компонент входит в зону влияния $i$ -го элемента или компонента (черт.7 в) и $W_i / W_j \geq 2$, тогда

$$\vartheta_{ij} = 0{,}25 \cdot W_i \cdot \sum_{m=1}^{2} \sum_{n=1}^{2} sgn(s_{mi}'' \cdot \omega_{ni}'') \cdot FA(|s_{mi}''|, |\omega_{ni}''|) - 0{,}12\,\vartheta_j', \quad (23)$$

где

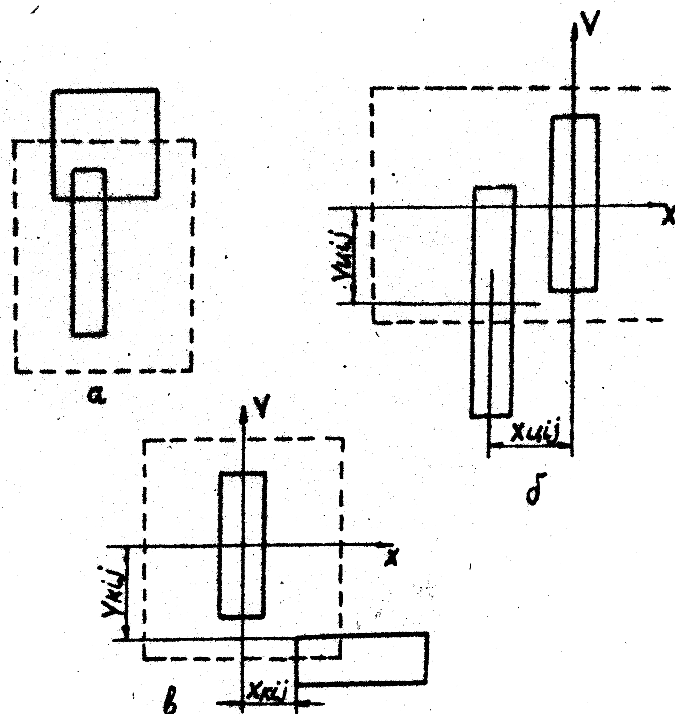
$$s_{mi}'' = s_{oi} + (-1)^{m+1} \cdot |X_{кij}|, \quad (24)$$

$$\omega_{ni}'' = \omega_{oi} + (-1)^{n+1} \cdot |Y_{кij}|, \quad (25)$$

$X_{кij}, Y_{кij}$ – определяются по черт.7.



Определение $X_{цij}, Y_{цij}, X_{кij}, Y_{кij}$ $j$-х элементов и компонентов, находящихся в зоне влияния тепловыделяющего $i$ -го элемента или компонента




Черт. 7

4.7.4. В остальных случаях $\vartheta_{ij} = 0$.

4.8. Определяют перегревы $\vartheta_{bj}$ элементов и компонентов микросборки, вызванные тепловым влиянием других элементов и компонентов.

4.8.I. Если $j$ -й элемент или компонент не входит в зоны влияния остальных элементов и компонентов, то $\vartheta_{bj} = 0$.

4.8.2. Если центр $j$ -го элемента или компонента входит в одну или несколько зон влияния (в зону влияния группы) $i$ -х элементов и (или) компонентов (черт.8 а), у которых $W_i/W_j < 2$, или любая часть $j$ -го элемента или компонента входит в зону влияния группы $i$ -х элементов и (или) компонентов (черт. 8 б), у которых $W_i/W_j \geq 2$, тогда за величину $\vartheta_{bj}$ принимают сумму $\vartheta_{i_k j}$

$$\vartheta_{bj} = \sum_{k=1}^{\mu} \vartheta_{i_k j}, \qquad (26)$$

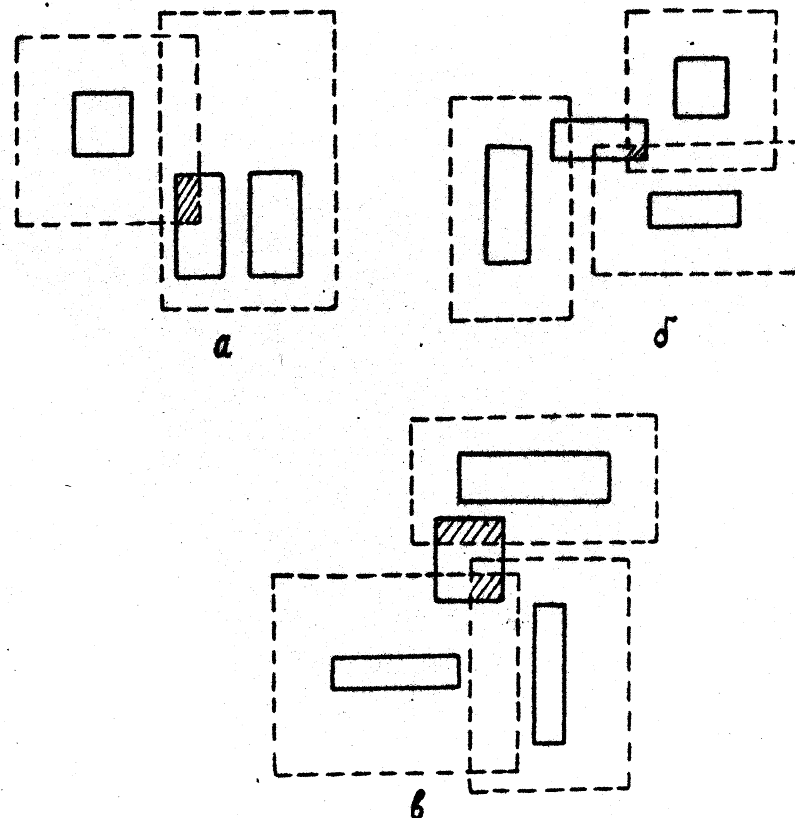
где $i_k$ - индекс влияющего элемента или компонента,

$\mu$ - количество влияющих элементов и компонентов.

4.8.3. Если различные части $j$ -го элемента или компонента входят в зоны влияния нескольких групп $i$ -х элементов и (или) компонентов (черт. 8 в), тогда для каждой части $j$ -го элемента или компонента, входящей в зону влияния одной группы $i$ -х элементов и (или) компонентов, определяют величину $\vartheta_{bj}$ по п.4.8.2 и наибольшее из этих значений принимают за $\vartheta_{bj}$.



Варианты наложения зон влияния




Черт. 8

4.9. Определяют величину $t_{эmax}$ по формуле

$$t_{эmax} = t_K + P \cdot [K_1 + K_3 - K_2 \cdot lg(S_H \cdot 10^6)], \qquad (27)$$

где $S_H$ – суммарная площадь, занимаемая на поверхности платы тепловыделяющими элементами и компонентами,

$K_1, K_2, K_3$ – коэффициенты, определяемые по табл.I.

4.IO. Температуры элементов и компонентов микросборки $t_i$ определяют по следующим формулам:

для нетепловыделяющих элементов

$$t_i = t_{эmax} + \vartheta_{Bj}; \qquad (28)$$

для тепловыделяющих элементов

$$t_i = t_{эmax} + \vartheta_i' + \vartheta_i'' + \vartheta_{Bj}; \qquad (29)$$

для компонентов

$$t_i = t_{эmax} + \vartheta_i' + \vartheta_i'' + \vartheta_{Bj} + \Delta\vartheta_{Hi}. \qquad (30)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Справочное

## Пример обеспечения теплового режима микросборки при проектировании

Исходными данными для оценки теплового режима микросборки (см.п.I.2 стандарта) являются:

вариант конструктивно-технологического исполнения микросборки 2;

обозначение типовой конструкции корпуса микросборки I53.I5;

толщина платы $h_п = 0{,}6 \cdot 10^{-3}$ м;

толщина слоя клея между платой и корпусом микросборки $h_к = 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ м;

коэффициент теплопроводности платы $\lambda_п = 1{,}46$ Вт/(м·°C);

коэффициент теплопроводности клея $\lambda_к = 0{,}65$ Вт/(м·°C);

суммарная мощность, рассеиваемая в микросборке, $P = 0{,}565$ Вт;

температура корпуса микросборки $t_к = 80{,}\overset{76}{\cancel{8}}$ °C; [circled handwritten: 3]

площадь платы $S_п = 248 \cdot 10^{-6}$ м$^2$;

максимально допустимая температура пленочных резисторов $t_{R max доп} = 150$ °C;

размеры, мощности и максимально допустимые температуры $t_{н max доп}$ компонентов приведены в табл. I.



Таблица I

| Позиционное обозначение компонента | Наименование компонента и номер ТУ | Размеры компонента, м·10$^3$ | | Мощность рассеяния компонента $P_н$, Вт | Тепловое сопротивление компонента $R_{тк1}$, °C/Вт | Максимально допустимая температура $t_{н max доп}$, °C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $l_{хн}$ | $l_{ун}$ | | | |
| V1 | 2Т205А,Б, ЩИЗ.365.010ТУ | I,25 | I,25 | 0,040 | I00 | I35 |
| V2 | КТ202, ЮФЗ.365.034ТУ | 0,83 | 0,83 | 0,015 | I50 | I25 |
| V3 | 2Т364А ЩТЗ.365.060ТУ | 3,00 | I,00 | 0,030 | I25 | I25 |

Величины $t_{н max доп}$ определены из технических условий на компоненты. Тепловое сопротивление компонент-плата микросборки - сумма теплового сопротивления собственно компонента $R_{тк1}$ и теплового сопротивления между компонентом и платой микросборки $R_{тк2}$. Величины $R_{тк1}$, определенные из технических условий на компоненты, приведены в табл. I. Величина $R_{тк2}$ определялась как отношение толщины слоя материала, крепящего компонент к плате ($h_{кн}$), к произведению коэффициента теплопроводности материала крепления ($\lambda_{кн}$) на площадь основания компонента ($l_{хн} \cdot l_{ун}$).

Транзистор V I припаивается к плате ($h_{кн} = 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ м; $\lambda_{кн} = 50$ Вт/(м·°С) ). Транзисторы V2, V3 приклеиваются к плате ($h_{кн} = 0{,}2 \cdot 10^{-3}$ м; $\lambda_{кн} = 0{,}3$ Вт/(м·°С) ).

Результаты расчета тепловых сопротивлений компонент-плата микросборки $R_{тк}$ приведены в табл. 2.

Таблица 2

| Позиционное обозначение компонента | Тепловое сопротивление компонент-плата микросборки $R_{тк}$, °С/Вт | Перепад температур $\Delta\vartheta_н$, °С | Удельная мощность рассеяния на основании компонента $W_н$, Вт/м$^2 \cdot 10^4$ |
|---|---|---|---|
| VI | I02 | 4,08 | 2,6 |
| V2 | III8 | I6,77 | 2,2 |
| V3 | 347 | I0,4I | I,0 |

Проводят оценку теплового режима микросборки в соответствии с разделом 2 стандарта.

Определяют коэффицент $r_т$ по формуле (5) стандарта

$$r_т = \frac{0{,}6 \cdot 10^{-3}}{1{,}46} + \frac{0{,}2 \cdot 10^{-3}}{0{,}65} = 0{,}72 \cdot 10^{-3}\ (м^2 \cdot °С)/Вт.$$

Определяют коэффициенты, учитывающие неизотермичность поверхности микросборки, по табл. I стандарта:

$K_1 = 27$°С/Вт; $K_2 = 8{,}2$°С/Вт; $K_3 = 7{,}5$°С/Вт.

Оценивают максимальную температуру поверхности микросборки

по формуле (6) стандарта

$$t_{э max} = 80,8 + 0,565\left[27 + 7,5 - 8,2 \cdot \lg\left(248 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{5}\right)\right] = 93,8\ ^\circ C.$$

Определяют максимально допустимую удельную мощность рассеяния на поверхности платы при произвольном размещении элементов и компонентов (см.п.2.3 стандарта).

Результаты расчета перепадов температур $\Delta \vartheta_{нi}$ приведены в табл.2. Из табл. 2 выбирают максимальное значение $\Delta \vartheta_{нi}$

$$\Delta \vartheta_{н max} = 16,77\ ^\circ C.$$

По формуле (7) стандарта рассчитывают величину $W_0'$

$$W_0' = \min\left\{\frac{150 - 93,8}{0,72 \cdot 10^{-3}}; \frac{135 - 93,8 - 16,77}{0,72 \cdot 10^{-3}}; \frac{125 - 93,8 - 16,77}{0,72 \cdot 10^{-3}}; \frac{125 - 93,8 - 16,77}{0,72 \cdot 10^{-3}}\right\} =$$

$$= \min\left\{7,8 \cdot 10^{4}; 3,4 \cdot 10^{4}; 2,0 \cdot 10^{4}; 2,0 \cdot 10^{4}\right\} = 2 \cdot 10^{4}\ Вт/м^2.$$

Определяют максимальную удельную мощность рассеяния на основании компонентов (см.п.2.4 стандарта). Результаты расчета удельных мощностей рассеяния $W_{нi}$ приведены в табл.2. Из табл.2 выбирают максимальное значение $W_{нi}$

$$W_{н max} = 2,6 \cdot 10^{4}\ Вт/м^2.$$

Проверяют возможность произвольного проектирования топологии микросборки в соответствии с пп.2.5 и 2.6 стандарта. Так как $W_{н max} > W_0'$, то для обеспечения заданного теплового режима необходимо руководствоваться требованиями раздела 3 стандарта.

Рассчитывают максимально допустимую удельную мощность рас-

сеяния на поверхности платы при наличии зон защиты по программе, приведенной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении 2. Величина $W_0'' = 7{,}8 \cdot 10^4$ Вт/м$^2$.

Выбирают по ОСТ4 ГО.010.~~043~~ 220 варианты установки компонентов (см.п.3.4 стандарта) и определяют расстояния от границ компонента до границ установочного места (см.п.3.5 стандарта). Величины $A_{1i}, A_{2i}, A_{3i}, A_{4i}$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

| Позиционное обозначение компонента | Расстояния от границ компонента до границ его установочного места на плате, м·10$^3$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $A_{1i}$ | $A_{2i}$ | $A_{3i}$ | $A_{4i}$ |
| V1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V2 | 0,25 | 0 | 0,I | I,05 |
| V3 | 0 | 0,I5 | 0 | I,I0 |

Рассчитывают размеры зон защиты по программе, приведенной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении 2. Расчетные размеры зон защиты приведены в табл.4.

Проектируют топологию микросборки (чертеж). При этом для компонентов $V_1$ и $V_2$ соблюдена необходимая ширина зон защиты, а для компонента $V_3$ выбранные при проектировании топологии величины $A_{11} = 0{,}4$ мм, $A_{33} = 0{,}4$ мм меньше расчетных значений.



Топология микросборки

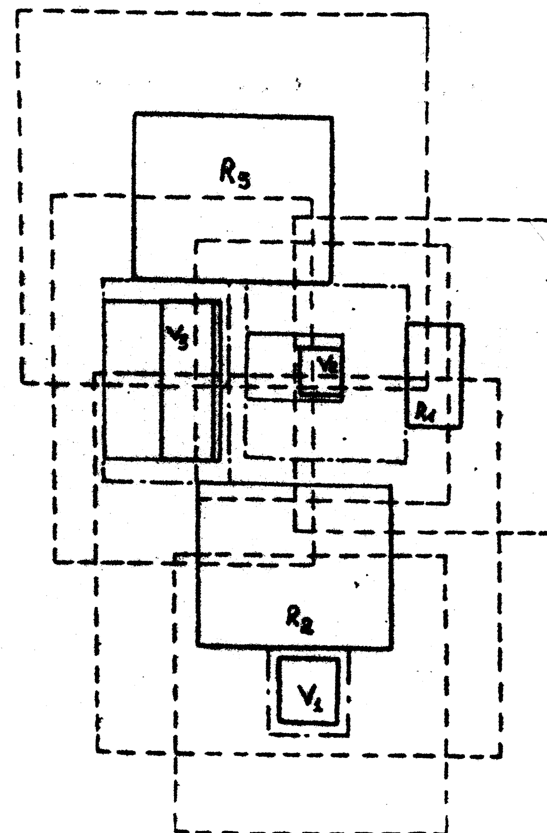


Таблица 4

| Позиционное обозначение компонента | Расчетные размеры зон защиты, м·I0$^3$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $A_{11i}$ | $A_{22i}$ | $A_{33i}$ | $A_{44i}$ |
| V1 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| V2 | 1,05 ~~I,25~~ | I,20 | I,I0 | I,05 |
| V3 | 0,60 ~~0,40~~ | 0,55 ~~0,35~~ | 0,60 ~~0,40~~ | I,I0 |

Проверяют выполнение условия $W_{\ell max} < W_0''$ (см.п.3.7 стандарта). Удельные мощности резисторов $W_{\ell i}$ рассчитывают по формуле (I3) стандарта.

Исходные данные для расчета $W_{\ell i}$ и результаты расчета приведены в табл. 5.

Таблица 5

| Позиционное обозначение резистора | Размеры резистора м·I0$^3$ | | Мощность рассеяния резистора $P_i$ ,Вт | Удельная мощность рассеяния резистора $W_{\ell i}$, Вт/м$^2$·I0$^4$ |
|---|---|---|---|---|
| | $l_{xi}$ | $l_{yi}$ | | |
| R1 | I,9 | I,5 | 0,I48 | 5,I9 |
| R2 | 3,2 | 3,8 | 0,I52 | I,25 |
| R3 | 3,2 | 3,8 | 0,I80 | I,48 |

Из табл. 5 выбирают максимальное значение $W_{\ell max}$.



$W_{\ell max}$= 5,I9·I0$^4$ Вт/м$^2$.

Так как $W_{\ell max} < W_0''$ = 7,8 I0$^4$ Вт/м$^2$ , но при проектировании топологии не выдержана необходимая ширина зон защиты, то в соответствии с п.3.8 стандарта необходимо проверить соответствие температур элементов и компонентов микросборки заданному тепловому режиму.

последовательности.

Исходными данными для расчета температур элементов и компонентов микросборки (см. п.I.3 стандарта) являются:

количество элементов и компонентов в микросборке $N$ = 6;

длина платы $DX$ = I6,5·I0$^{-3}$ м;

ширина платы $DY$ = I5·I0$^{-3}$ м;

координаты центров элементов и компонентов микросборки приведены в табл.6;

Таблица 6

| Порядковый номер элемента и компонента | Позиционное обозначение элемента и компонента | Координаты центра элемента и компонента м·I0$^3$ | |
|---|---|---|---|
| | | $X_i$ | $Y_i$ |
| I | R1 | 6,40 | I0,30 |
| 2 | R2 | I0,I5 | 7,40 |
| 3 | R3 | 3,I5 | 6,I0 |
| 4 | V1 | I2,55 | 7,60 |
| 5 | V2 | 6,40 | 7,90 |
| 6 | V3 | 6,65 | 5,25 |

размеры и мощности рассеяния элементов и компонентов микросборки приведены в табл. I и 5.

Рассчитывают температуры элементов и компонентов микросборки по програмие, приведенной в ~~обязательном~~ рекомендуемом приложении I. Результаты расчета приведены в табл. 7.

Таблица 7

| Номер элемента и компонента | Температура, °С |
|---|---|
| I | II7,088 |
| 2 | I0I,34I |
| 3 | I02,674 |
| 4 | I07,755 |
| 5 | II6,70I |
| 6 | I08,046 |

Расчет по методике, приведенной в разделе 4, проводится следующим образом.

По табл.2 стандарта определяют, что массив и график функции $FA$ приведены в справочном приложении 6.

В соответствии с п.4.4 стандарта на чертеже вычерчивают зоны влияния тепловыделяющих элементов (показаны пунктиром).

Рассчитывают величины $\vartheta_i'$ (см.п.4.5 стандарта). Результаты расчета $\vartheta_i'$ приведены в табл.8.

Проверяют выполнение условий $B_{2i} > (0,002 - \omega_{0i})/2$ и $B_{1i} > (0,002 - S_{0i})/2$ (см.п.4.6 стандарта). Так как оба условия выполняются для всех элементов и компонентов, то $\vartheta''_{1-6} = 0$.



Рассчитывают перегревы $\vartheta_{ij}$ в соответствии с п.4.7. Результаты расчета $\vartheta_{ij}$ приведены в табл. 8. Там же указаны области источников, для которых рассчитывались величины $\vartheta_{ij}$.

Таблица 8

| Порядковый номер тепловыделяющего элемента и компонента $i$ | Перегревы, создаваемые тепловыделяющими элементами и компонентами: собственные $\vartheta_i'$ и на остальных $j$-х тепловыделяющих элементах и компонентах $\vartheta_{ij}$, °С | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| I | 23,92 | 0 | 0 | 0 | 0,89* граница | 0 |
| 2 | 0 | 8,06 | 0 | 0,92* центр | 0 | 0,07* центр |
| 3 | 0 | 0 | 9,55 | 0 | 0,I5 центр | 0,I2* центр |
| 4 | 0 | 2,37* граница | 0 | 9,80 | 0 | 0 |
| 5 | 0,02* граница | 0 | 0 | 0 | 5,94 | 0 |
| 6 | 0 | 0,0I центр | 0 | 0 | 0 | 4,20 |

В соответствии с п. 4.8 стандарта определяют перегревы $\vartheta_{в j}$ элементов и компонентов микросборки, создаваемые тепловым влиянием других элементов и компонентов. Перегревы

обозначены в табл. 8 знаком *.

Определяют величину $t_{эmax}$ (см.п.4.9 стандарта). Суммарная площадь, занимаемая на поверхности тепловыделяющими элементами и компонентами, $S_п = 32,42 \cdot 10^{-6}$ м.

$$t_{эmax} = 80,8 + 0,565 \cdot [27 + 7,5 - 8,2 \cdot \lg(32,42 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{6})] = 93,25\ °C.$$

Определяют температуры элементов и компонентов микросборки в соответствии с п. 4.IO стандарта. Результаты расчета приведены в табл. 9.

Таблица 9

| Порядковый номер элемента и компонента | Температура $t_i$, °C |
|---|---|
| I | II7,I9 |
| 2 | IO3,68 |
| 3 | IO2,80 |
| 4 | IO8,05 |
| 5 | II6,85 |
| 6 | IO8,05 |



# СОДЕРЖАНИЕ

**Лист регистрации изменений**

| Изм. | Стр. (листы) | Номер изве-щения | Подпись | Дата | Изм. | Стр. (листы) | Номер изве-щения | Подпись | Да-та |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26,31 36,38 41,94 96,97 | Г5875 | | 16.06 81 | | | | | |
| 2 | обл,1,2 6,12,13, 23,32, 77,94,101, 102 | 4138[illegible] | | 26.03 86 | | | | | |
| 3 | 26-31, 36-39,41, 80-86,23, 24,32,34, 35,40,77, 78,79,87, 88,89,90 | ③ | | 28.05 87г. | | | | | |
| 4 | 6608? п1.2 1.3 3.4 | N4 | | 17.04 89 | | | | | |
| 5 | обл. | 04 НТД 201-03-89 | | 14.05 90. | | | | | |